

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 147-2B

Première édition — First edition

1970

Deuxième complément à la Publication 147-2 (1963)

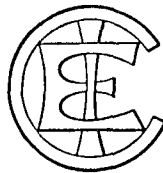
**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs
et principes généraux des méthodes de mesure**

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

Second supplement to Publication 147-2 (1963)

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 147-2B

Première édition — First edition

1970

Deuxième complément à la Publication 147-2 (1963)

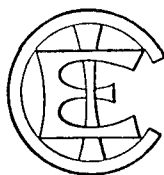
Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs
et principes généraux des méthodes de mesure

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

Second supplement to Publication 147-2 (1963)

Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

SECTION UN – DIODES POUR SIGNAUX DE FAIBLE PUISSANCE

Articles

1. Courant inverse	8
2. Tension directe	10
3. Capacité en petits signaux	10
4. Paramètres de commutation.	12
5. Rendement de détection	24
6. Bruit	28

SECTION DEUX – DIODES DE TENSION DE RÉFÉRENCE ET DIODES RÉGULATRICES DE TENSION

1. Tension de régulation.	32
2. Résistance différentielle.	32
3. Coefficient de température de la tension de régulation.	36
4. Capacité de la jonction	38
5. Courant inverse	40
6. Tension directe	42
7. Bruit (à l'étude)	42

SECTION QUATRE – DIODES TUNNEL

A l'étude

SECTION CINQ – DIODES A CAPACITÉ VARIABLE

1. Capacité parasite	44
2. Inductance série	46
3. Capacité aux bornes	48
4. Variation de la capacité aux bornes en fonction de la tension de polarisation.	48
5. Facteur de qualité effectif	48
6. Résistance série	52
7. Courant inverse	52
8. Résistance thermique	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION ONE – LOW-POWER SIGNAL DIODES

Clause

1. Reverse current	9
2. Forward voltage.	11
3. Small-signal capacitance	11
4. Switching parameters	13
5. Detector efficiency.	25
6. Noise	29

SECTION TWO – VOLTAGE REFERENCE DIODES AND VOLTAGE REGULATOR DIODES

1. Working voltage	33
2. Differential resistance	33
3. Temperature coefficient of working voltage	37
4. Junction capacitance	39
5. Reverse current	41
6. Forward voltage.	43
7. Noise (under consideration).	43

SECTION FOUR – TUNNEL DIODES

Under consideration

SECTION FIVE – VARIABLE CAPACITANCE DIODES

1. Stray capacitance	45
2. Series inductance	47
3. Terminal capacitance	49
4. Variation of terminal capacitance with bias voltage	49
5. Effective quality factor	49
6. Series resistance	53
7. Reverse current	53
8. Thermal resistance	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DEUXIÈME COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 147-2 (1963)

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS A SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47 de la CEI: Dispositifs à semi-conducteurs et circuits intégrés.

Elle constitue le deuxième complément à la deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure, de la Publication 147 de la CEI. La première partie, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la CEI.

Quatre projets différents ont été utilisés pour la présente publication. Les travaux relatifs à la section un ont commencé lors d'une réunion tenue à Londres en 1960; deux projets furent soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois, le premier relatif aux articles 1, 2, 3, 6 en juillet 1963, le second aux articles 4 et 5 en août 1964. La section deux résulte de travaux entrepris lors d'une réunion tenue à Philadelphie en 1964; un projet fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en septembre 1967. Les travaux relatifs à la section cinq ont commencé lors d'une réunion tenue à Bad Kreuznach en 1963; un projet fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en décembre 1967.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SECOND SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

**ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES
AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS**

Part 2: General principles of measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 47, Semiconductor Devices and Integrated Circuits.

It constitutes the second supplement to Part 2, General Principles of Measuring Methods, IEC Publication 147. Part 1, dealing with Essential Ratings and Characteristics, is issued as IEC Publication 147-1.

Four different drafts were used for this Supplement. Work on Section One started at a meeting held in London in 1960; two drafts were submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule, the first one concerning Clauses 1, 2, 3, 6 in July 1963, the second one relating to Clauses 4 and 5 in August 1964. Section Two results from the work started at a meeting held in Philadelphia in 1964; a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1967. Work on Section Five started at a meeting held in Bad Kreuznach in 1963; a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1967.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de tout ou d'une partie de ce complément:

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël
Italie

Japon*
Pays-Bas
Pologne
République Populaire de Chine
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

* N'a pas approuvé les articles 4 et 5 de la section un.

Withdrawal

The following countries voted explicitly in favour of publication of all or part of this Supplement:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Israel
Italy
Japan*

Netherlands
People's Republic of China
Poland
Romania
South Africa
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet Socialist
Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

* Did not approve Clauses 4 and 5 of Section One.

Withdrawn

DEUXIÈME COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 147-2 (1963)

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS A SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

SECTION UN - DIODES POUR SIGNAUX DE FAIBLE PUISSANCE

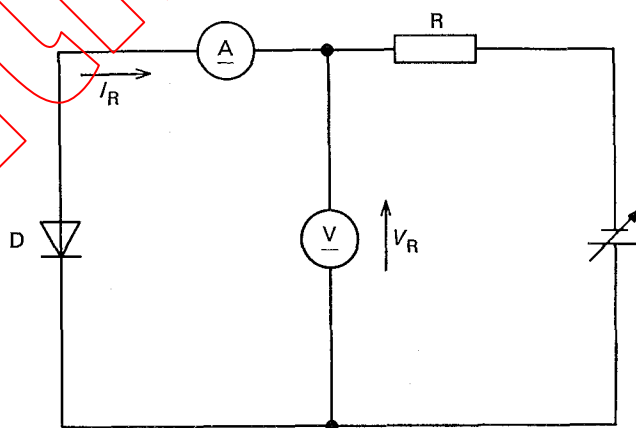
1. Courant inverse

Le courant inverse I_R peut être mesuré en se servant du circuit fondamental correspondant à la figure 1. La résistance R est incluse uniquement comme protection contre les surcharges.

La tension inverse spécifiée est appliquée aux bornes du dispositif et le courant inverse est alors mesuré.

S'il existe une dissipation de puissance importante dans la diode, la valeur du courant inverse peut être fortement affectée et les mesures ne devront être faites que lorsque l'équilibre thermique aura été atteint.

Pour cette mesure, on ne doit pas espérer obtenir une reproductibilité supérieure à $\pm 20\%$, étant donné les effets de dérive à long terme et les difficultés généralement rencontrées pour mesurer avec précision les températures et les très faibles courants.



D = diode mesurée

FIG. 1. — Circuit de mesure du courant inverse.

SECOND SUPPLEMENT TO PUBLICATION 147-2 (1963)

ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS

Part 2: General principles of measuring methods

CHAPTER 1: SEMICONDUCTOR DIODES

SECTION ONE – LOW-POWER SIGNAL DIODES

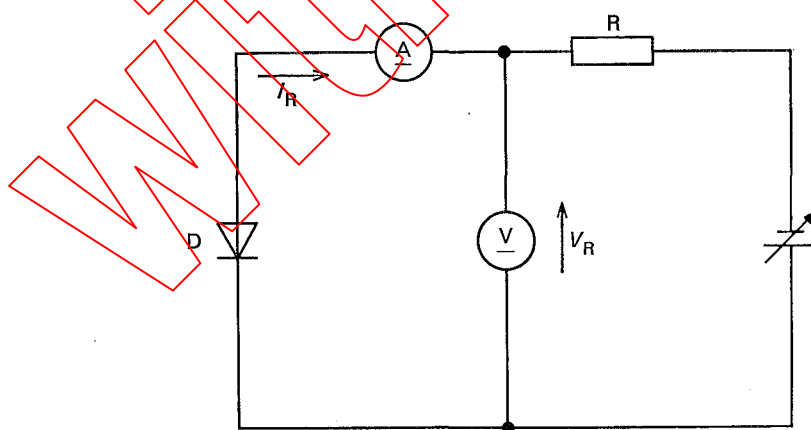
1. Reverse current

Reverse current I_R can be measured using the basic circuit shown in Figure 1. The resistor R is included only for the purpose of overload protection.

The specified reverse voltage is applied to the terminals of the device and the reverse current is then measured.

If there is a significant power dissipation in the diode, the value of the reverse current can be greatly affected and the measurement should be made only after thermal equilibrium has been reached.

Repeatability of this measurement better than about $\pm 20\%$ should not be expected in this measurement, because of the effects of long-term drift and the difficulties generally met in accurately measuring temperature and very small currents.



D = diode being measured

FIG. 1. — Circuit for the measurement of reverse current.

2. Tension directe

La tension directe V_F peut être mesurée en se servant du circuit fondamental correspondant à la figure 2. Le courant direct sera ajusté à la valeur spécifiée et la tension directe mesurée.

S'il existe une dissipation de puissance importante dans la diode, la valeur de la tension directe peut être fortement affectée et les mesures ne devront être faites que lorsque l'équilibre thermique aura été atteint.

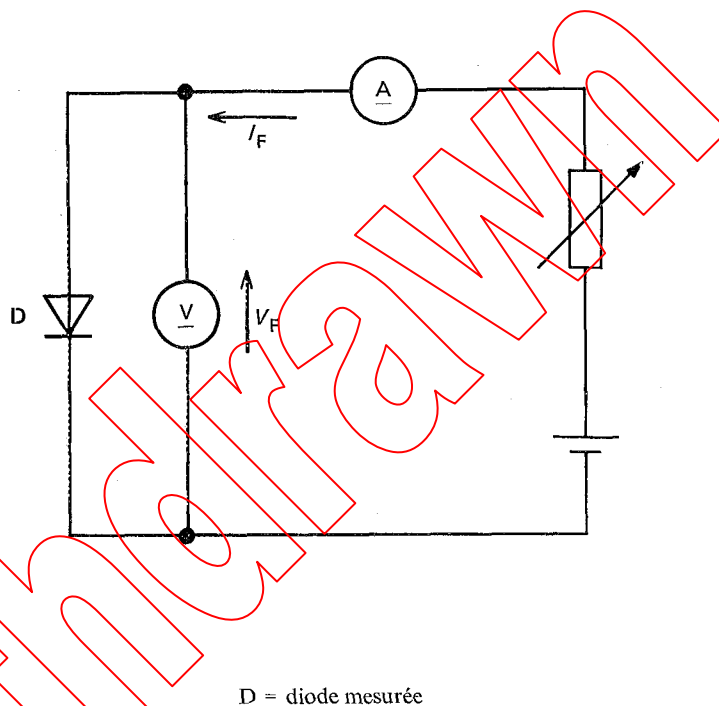


FIG. 2. — Circuit de mesure de la tension directe.

3. Capacité en petits signaux

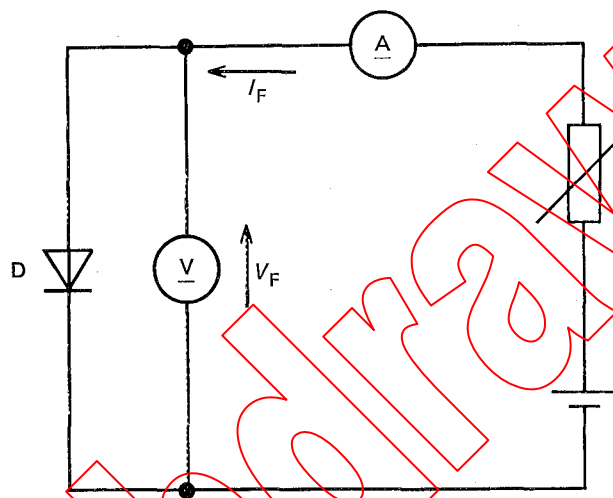
La capacité mesurée est une capacité entre les deux bornes de la diode et peut inclure toute capacité parasite provenant des fils de sortie et du boîtier. Si la capacité mesurée est très petite, les conditions de montage ont une influence sur les résultats; elles devront donc être spécifiées.

La figure 3, page 12, correspond à un circuit fondamental utilisant une méthode de pont en courant alternatif. Dans le circuit indiqué, le pont doit être capable de laisser passer le courant inverse de la diode sans altérer la précision de mesure. D'autres méthodes de polarisation de la diode peuvent être utilisées.

2. Forward voltage

The forward voltage V_F can be measured using the basic circuit shown in Figure 2. The forward current shall be adjusted to the specified value and the forward voltage measured.

If there is a significant power dissipation in the diode, the value of the forward voltage can be greatly affected and the measurement should be made only after thermal equilibrium has been reached.



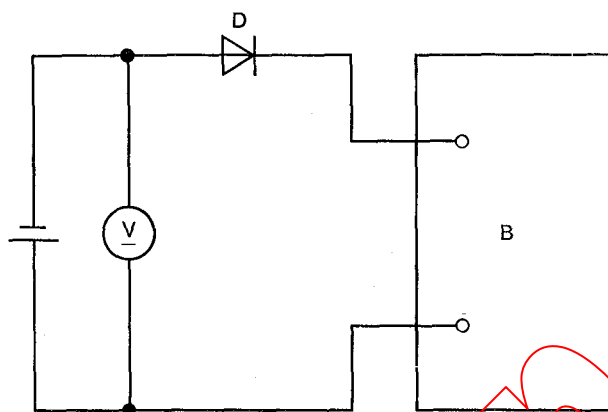
D = diode being measured

FIG. 2. — Circuit for the measurement of forward voltage.

3. Small-signal capacitance

The capacitance measured is a two-terminal capacitance across the diode and may include any stray capacitance associated with the leads and the case. If the measured capacitance is very small, the mounting conditions will affect the result and they should be specified.

Figure 3, page 13, shows a basic circuit using an a.c. bridge. In the arrangement shown, the bridge should be capable of carrying the reverse current of the diode without affecting the accuracy of measurement. Alternatively, other methods of biasing the diode can be used.



B = pont en courant alternatif
D = diode mesurée

FIG. 3. — Circuit de mesure de la capacité en petits signaux.

4. Paramètres de commutation

4.1 Tension directe transitoire – Temps de recouvrement direct

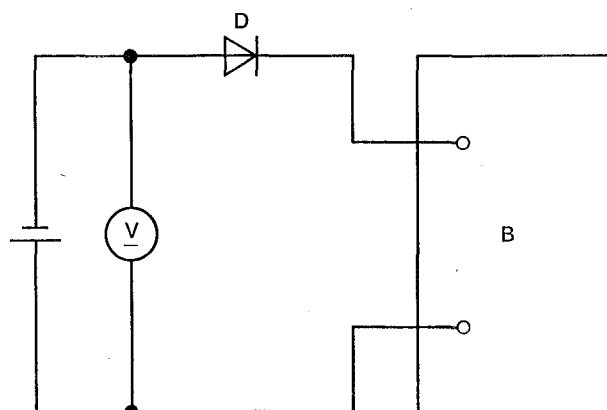
4.1.1 Introduction

Quelques diodes à semiconducteurs présentent un état de haute impédance transitoire en passant de la condition de non-conduction à la condition de conduction dans le sens direct.

Pour ces diodes, la caractéristique transitoire directe peut être définie en termes de courant direct lorsque la diode est utilisée comme un élément de série avec une source de tension, ou en termes de tension directe lorsque la diode est utilisée comme un élément de shunt avec une source de courant.

La mesure de la transitoire de tension directe indiquée par la figure 4b, page 14, est préférée en tant que base de comparaison pour les mesures de production des diodes.

Dans la figure 4b, la tension directe transitoire V_{FSM} est la tension maximale observée après la commutation établissant un courant spécifié I_F dans la diode. De même, le temps de recouvrement direct t_{trv} est l'intervalle de temps entre l'instant où le signal atteint 10% de sa valeur stable et l'instant où la tension directe de la diode atteint une valeur spécifiée V_F .



B = a.c. bridge
D = diode being measured

FIG. 3. — Circuit for the measurement of small-signal capacitance.

4. Switching parameters

4.1 *Forward voltage transient – Forward recovery time*

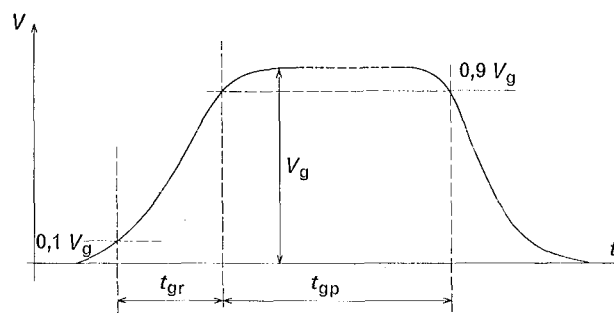
4.1.1 *Introduction*

Some semiconductor diodes exhibit a transient high impedance state in passing from the non-conducting to the conducting condition in the forward direction.

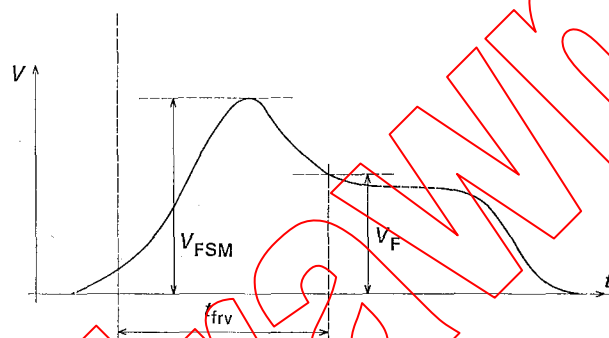
For these diodes, the forward transient characteristic may be defined in terms of the forward current when the diode is used as a series element with a voltage source, or in terms of the forward voltage when the diode is used as a shunt element with a current source.

The measurement of the forward voltage transient, as shown in Figure 4b, page 15, is preferred as a basis of comparison and for production testing of diodes.

In Figure 4b, the forward voltage transient V_{FSM} is the maximum voltage observed after switching a specified current I_F into the diode. Similarly, the forward recovery time t_{trv} is the time interval between the applied signal reaching 10% of its steady value and the diode forward voltage recovering to a specified value V_F .



4a. — Signal appliqué

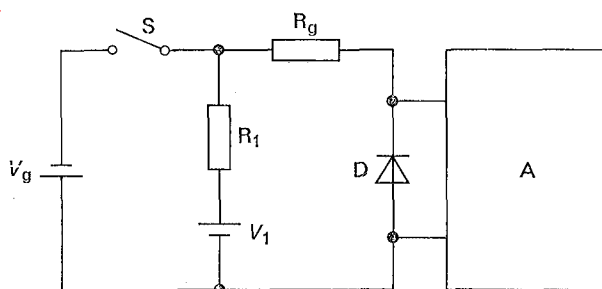


4b. — Réponse de la diode

FIGS. 4a et 4b. — Formes d'onde dans la mesure de la tension directe transitoire et du temps de recouvrement direct.

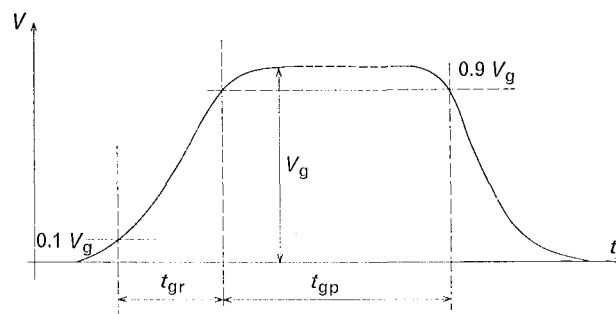
4.1.2 Mesure de la tension directe transitoire et du temps de recouvrement direct

La figure 5 montre un circuit fondamental préféré pour la mesure de la tension directe transitoire et du temps de recouvrement direct.

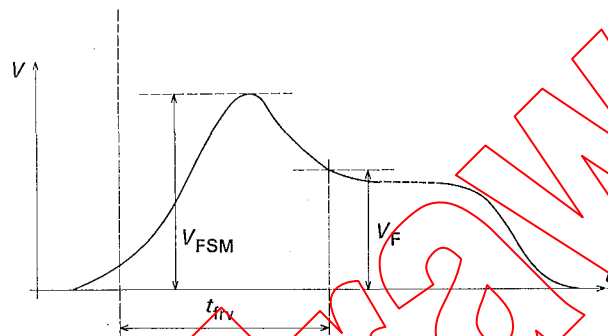


A = détecteur de réponse ou oscilloscope
D = diode mesurée
S = relais à mercure

FIG. 5. — Circuit pour la mesure de la tension directe transitoire et du temps de recouvrement direct.



4a. — Applied signal

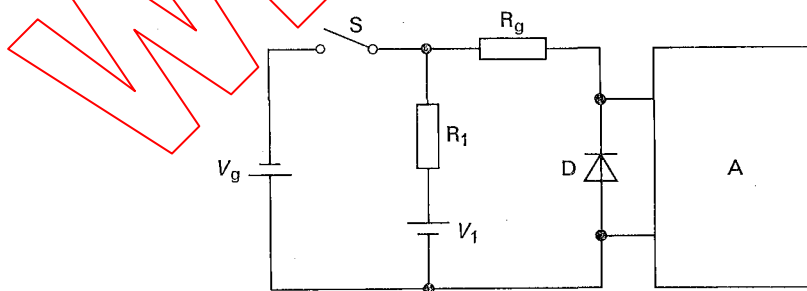


4b. — Diode response

FIGS. 4a and 4b. — Waveforms in the measurement of forward voltage transient and forward recovery time.

4.1.2 Measurement of forward voltage transient and forward recovery time

A preferred basic circuit for the measurement of the forward voltage transient and forward recovery time is shown in Figure 5.



A = response detector or oscilloscope
D = diode being measured
S = mercury relay

FIG. 5. — Circuit for the measurement of forward voltage transient and forward recovery time.

Les conditions suivantes doivent être remplies:

- Les conditions de polarisation directe et inverse devront être spécifiées.
- Le fait d'effectuer la commutation à partir d'une polarisation nulle au lieu d'une polarisation inverse n'affecte généralement pas sensiblement la précision de la mesure de la tension directe transitoire.
- Le relais à mercure et la source de tension peuvent être remplacés par un générateur d'impulsions convenable.
- Le temps de croissance t_{gr} du signal appliqué et le temps de croissance du détecteur devront être courts ou devront être spécifiés.
- La fréquence de répétition des impulsions devra être basse.
- La largeur d'impulsion t_{gp} du signal appliqué devra être grande, de manière à ce que toute variation ultérieure n'affecte pas le résultat de la mesure.

4.2 Charge recouvrée – Temps de recouvrement inverse

4.2.1 Introduction

Lorsqu'une diode est instantanément commutée du fonctionnement dans le sens direct à celui dans le sens inverse, il se produit un courant inverse transitoire qui décroît ensuite jusqu'à la valeur finale du courant inverse de la diode comme il est indiqué sur la figure 6, page 18.

Ce phénomène peut limiter la vitesse des circuits de commutation.

Il existe deux méthodes usuelles pour spécifier la caractéristique de recouvrement d'une diode.

Dans la première méthode, la diode est montée dans un circuit dans lequel le courant direct, la tension inverse, les impédances du circuit et la forme de l'impulsion sont spécifiés avec précision. L'intervalle de temps entre le début de la chute du courant direct et l'instant où le courant inverse atteint une valeur spécifiée, après être passé par une pointe, est mesuré et il est défini comme étant le temps de recouvrement inverse (voir figure 6). L'inconvénient de cette méthode est que le temps de recouvrement inverse ainsi défini est seulement valable pour le circuit spécifié et n'est pas immédiatement applicable dans le cas de conditions de circuit différentes.

La seconde méthode utilise le fait que la cause fondamentale de recouvrement inverse est la charge stockée par la diode. Cette charge comprend deux parties: la première due aux porteurs de charge minoritaires, l'autre due à la charge de la capacité de la diode. La charge totale extraite de la diode, lorsque celle-ci est commutée d'un courant direct spécifié à une tension inverse spécifiée dans un circuit spécifié, est appelée charge recouvrée.

Pour autant que la proportion de charge due à la capacité de la diode soit négligeable et que l'impédance du circuit soit faible, la charge recouvrée sera approximativement proportionnelle au courant direct au moment de la commutation et relativement indépendante de la tension inverse appliquée.

Dans ces conditions, la charge recouvrée par unité de courant direct est une caractéristique de la diode et est relativement indépendante du circuit considéré. Il est préférable, en conséquence, de spécifier la diode en termes de charge recouvrée chaque fois que cela est possible.

L'exemple suivant est donné pour montrer l'emploi du concept de charge recouvrée:

Considérons une diode ayant une charge recouvrée de 500 pC lorsqu'elle est commutée à partir d'un courant direct de 10 mA, dans les conditions spécifiées pour cette méthode de mesure.